



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 50 061 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 J 35/08

②1 Aktenzeichen: 196 50 061.3
②2 Anmeldetag: 3. 12. 96
④3 Offenlegungstag: 12. 6. 97

DE 196 50 061 A 1

③0 Unionspriorität: ②2 ③3 ③1
05.12.95 US 567606

⑦1 Anmelder:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

⑦4 Vertreter:
Voigt, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 65812 Bad Soden

⑦2 Erfinder:
Truszkowska, Krystyna, Shorewood, Wisc., US

⑤4 Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundstruktur für eine umlaufende Röntgenanode

⑤7 Es wird ein Verfahren angegeben, um Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien zur Verwendung bei der Fertigung von Röntgenröhrentargets zu fertigen. Es werden physikalische Eigenschaften der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien maßgeschneidert, um gewünschte physikalische Eigenschaften zu erzielen. Das Verbundmaterial hat Bestandteile und Gewebegeometrien, die eine relativ hohe thermische Ausdehnung in der in der Ebene liegenden Richtung zur Folge haben, um das Brennpunktspurmaterial aufzunehmen. Das Verbundmaterial hat auch Bestandteile und Gewebegeometrien, die eine relativ hohe thermische Leitfähigkeit durch die Dicke zur Folge haben, um Brennpunktspur-Belastbarkeitserfordernisse zu erfüllen. Schließlich hat das Verbundmaterial Bestandteile und Gewebegeometrien, die eine relativ hohe mechanische Festigkeit zur Folge haben, um Drehbeanspruchungen auszuhalten.

DE 196 50 061 A 1

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf umlaufende Röntgenröhren und insbesondere auf neue Targetsubstrate für umlaufende Röntgenanodenanordnungen.

Die Röntgenröhre ist wesentlich geworden bei der medizinischen diagnostischen Bildgebung, der medizinischen Therapie und verschiedenen medizinischen Prüf- und Materialanalysegeweben. Übliche Röntgenröhren sind mit einer umlaufenden Anodenstruktur gebaut, um die am Brennpunkt erzeugte Wärme zu verteilen. Die Anode wird durch einen Induktionsmotor gedreht, der einen zylindrischen Rotor, der in eine auskragende Achse gebaut ist, der das scheibenförmige Anodentarget trägt, und eine Eisenstatorstruktur mit Kupferwicklungen aufweist, die den langgestreckten Hals der Röntgenröhre umgeben, der den Rotor enthält. Der Rotor der umlaufenden Anodenanordnung, die durch den Stator angetrieben wird, der den Rotor der Anodenanordnung umgibt, ist auf Anodenpotential, während der Stator elektrisch auf Erde bezogen ist. Die Kathode der Röntgenröhre liefert ein fokussiertes Elektronenbündel, das über der Vakuumstrecke von der Anode zur Kathode beschleunigt wird und beim Aufprall auf die Anode Röntgenstrahlen erzeugt.

In einer Röntgenröhrenvorrichtung mit einer Drehanode weist das Target üblicherweise eine Scheibe auf, die aus einem hochwarmfesten Metall, wie beispielsweise Wolfram, hergestellt ist, und die Röntgenstrahlen werden dadurch erzeugt, daß das Elektronenbündel mit diesem Target kollidiert, während das Target mit einer hohen Drehzahl gedreht wird. Mit hoher Drehzahl umlaufende Anoden können 9000—11000 U/Min. erreichen. Die Rotation des Targets wird dadurch erzielt, daß der Rotor angetrieben wird, der auf einer Halterungswelle vorgesehen ist, die von dem Target ausgeht.

Die Arbeitsbedingungen für Röntgenröhren haben sich in den letzten zwei Dekaden beträchtlich geändert. US-PS 4 119 621, erteilt am 10. Oktober 1978 und US-PS 4 129 241, erteilt am 12. Dezember 1978, waren beide darauf gerichtet, umlaufende Anoden, die aus Molybdän und Molybdän-Wolfram-Legierungen hergestellt waren, mit Schaften zu verbinden, die aus Columbium und seinen Legierungen hergestellt sind. Fortgesetzte Steigerungen in der zugeführten Energie während des Röhrenbetriebs haben zu einer Änderung in der Targetzusammensetzung zu TZM oder anderen Molybdänlegierungen, zu erhöhtem Targetdurchmesser und -gewicht und auch zu der Verwendung von Graphit als eine Wärmesenke in der Rückseite des Targets geführt. Es ist projektiert, daß zukünftige Computertomographie(CT)-Abtaster bzw. -Scanner in der Lage sein werden, die Abtastzeit von einer 1-Sekunden-Rotation auf eine 0,5-Sekunden-Rotation zu verkürzen. Eine derartige Verkürzung der Abtastzeit wird jedoch recht wahrscheinlich eine Modifikation des derzeitigen CT Anodenaufbaues erfordern. Der gegenwärtige CT Anodenaufbau weist zwei Scheiben auf, die eine aus einem Material mit hohem wärmespeichervermögen, wie beispielsweise Graphit, und die zweite aus einer Molybdänlegierung, wie beispielsweise TZM (Ti-Zr-Mo). Diese zwei konzentrischen Scheiben sind durch ein Hartlötverfahren miteinander verbunden. Eine dünne Schicht aus hochwarmfesten Metall, wie beispielsweise Wolfram oder einer Wolfram-Legierung, ist zur Bildung einer Brennpunktbahn abgeschieden. Eine derartige zusammengesetzte Substratstruktur kann mehr als vier kg wiegen. Bei schnelleren Rotationsgeschwindigkeiten

des Scanners werden schwere Targets nicht nur die mechanische Beanspruchung auf die Lagermaterialien sondern auch eine Brennpunkt-Senkungs- oder Durchbiegung vergrößern, die Bildartefakte verursacht.

Es würde wünschenswert sein, das den gegenwärtigen CT Targetaufbau gegen ein leichtes Substrat auszutauschen, das im thermischen Leistungsvermögen vergleichbar ist.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial für eine umlaufende Röntgenanode zu schaffen. Weiterhin soll eine derartige Verbundstruktur geschaffen werden, die Bestandteile und Gewebegeometrien hat, die eine relativ hohe thermische Expansion bzw. Ausdehnung in der in der Ebene liegenden Richtung zur Folge haben, um das Brennpunkt-Spurmateriale aufzunehmen. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine derartige Verbundstruktur mit Bestandteilen und Gewebegeometrien zu schaffen, die eine relativ hohe thermische Leitfähigkeit durch die Dicke zur Folge haben, um Brennpunktspur-Belastbarkeitserfordernisse zu erfüllen. Schließlich ist es Aufgabe der Erfindung, eine derartige Verbundstruktur zu schaffen, die Bestandteile und Gewebegeometrien hat, die eine relativ hohe mechanische Festigkeit zur Folge haben, um Drehbeanspruchungen, wie beispielsweise bei zentrifugal belastenden Vorgängen, auszuhalten.

Erfindungsgemäß werden Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundsubstrate für eine umlaufende Röntgenanode mit Bestandteilen und Gewebegeometrien geschaffen, die eine relativ hohe thermische Expansion in der in der Ebene liegenden Richtung, um das Brennpunktspurmateriale aufzunehmen, eine hohe thermische Leitfähigkeit durch die Dicke, um Brennpunktspur-Belastbarkeitserfordernisse zu erfüllen, und hohe mechanische Festigkeit aufweisen, um Drehbeanspruchungen auszuhalten.

Die Erfindung wird nun mit weiteren Merkmalen und Vorteilen anhand der Beschreibung und Zeichnung von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1A ist eine Querschnittsdarstellung von einem bekannten CT Anodentarget;

Fig. 1B ist eine Querschnittsdarstellung von einem CT Anodentarget gemäß der Erfindung;

Fig. 2A ist eine grafische Darstellung von der thermischen Expansion von entwickelten Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundstrukturen gemäß der Erfindung;

Fig. 2B ist eine grafische Darstellung von der thermischen Leitfähigkeit von durchstochenes Gewebe aufweisendem Kohlenstoff-Kohlenstoff gemäß der Erfindung im Vergleich zu bekannten Röntgensubstraten.

Die Erfindung bezieht sich auf umlaufende Röntgenröhren, die eine umlaufende Anodenanordnung und eine Kathodenanordnung verwenden. Zweck der Erfindung ist, das Material der Drehanode zu verbessern, um schnellere Scanner-Rotationsgeschwindigkeiten aufzunehmen.

In den Zeichnungen stellt Fig. 1A ein typisches bekanntes CT Anodentarget 10 dar. Die bekannte CT Anode 10 weist zwei Scheiben 12 und 14 auf. Die eine Scheibe 12 ist aus einem Material mit hohem Wärmespeichervermögen, wie beispielsweise Graphit, und die zweite Scheibe ist aus einer Molybdänlegierung, wie beispielsweise TZM. Diese zwei konzentrischen Scheiben sind durch ein Hartlötverfahren miteinander verbunden. Eine dünne Schicht aus hochwarmfestem Metall, wie beispielsweise Wolfram oder Wolfram-Legierung, ist abgeschieden, um eine Brennpunktspur 16 zu bilden. Eine derartige zusammengesetzte Substratstruktur kann mehr als 4 kg wiegen. Bei schnelleren Scanner-

Rotationsgeschwindigkeiten werden schwere Targets nicht nur die mechanische Beanspruchung auf die Lagermaterialien vergrößern, sondern auch eine Brennpunkt-Senk- oder Durchbiegebewegung, die Bildartefakte bewirkt.

Gemäß der Erfindung ist die bekannte Targetkonstruktion gemäß Fig. 1A durch ein Substrat mit geringerem Gewicht ersetzt, das aber in der thermischen Leistungsfähigkeit mit dem bekannten Target vergleichbar ist. Fig. 1B ist eine Querschnittsdarstellung von einem CT Anodentarget 18, das gemäß der Erfindung aufgebaut ist. Es ist bekannt, daß Graphitmaterial ein hohes Wärmespeichervermögen und eine kleine Dichte hat. Leider hat es sich als unangemessen für Targets mit größerem Durchmesser erwiesen. Aufgrund der geringen mechanischen Festigkeit von Graphit haben Targets mit größerem Durchmesser die Tendenz, unter der Wirkung der Zentrifugalkraft zu brechen. Erfindungsgemäß werden deshalb andere kohlenstoffhaltige Materialien, wie beispielsweise Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien, bevorzugt. Diese Materialien, mit richtig zugeschnittenen thermophysikalischen und mechanischen Eigenschaften, können die gegenwärtigen CT Anodentargets 10 ersetzen.

In Fig. 1B ist das Anodentarget 18 aus einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundstruktur 20 gebildet. Eine dünne Schicht aus hochwarmfesten Metall, wie beispielsweise Wolfram oder einer Wolfram-Legierung, ist abgeschieden, um eine Brennpunktspur 16 wie in Fig. 1A zu bilden. Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundstrukturen besitzen eine einzigartige Kombination von mechanischen und thermischen Eigenschaften einschließlich eines hohen Festigkeit/Gewicht-Verhältnisses, Festigkeits-Retention und Kriechwiderstand über einem breiten Temperaturbereich, Widerstandsfähigkeit gegenüber thermischem Schock, hohe Zähigkeit und hohe thermische Leitfähigkeit.

Jedoch ist ein Nachteil der eine hohe Festigkeit und eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweisenden Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien der kleine thermische Ausdehnungskoeffizient (CTE) im Vergleich zu demjenigen von Wolfram oder Wolfram-Legierungen. Die Fehlanpassung der thermischen Expansion zwischen dem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundsubstrat und der der Brennpunktspur des Targets könnten starke Bearbeitungs- oder Servicebeanspruchungen und eine nachfolgende Absplitterung der Brennpunktspur nach der Folge haben. Gemäß der Erfindung sind deshalb Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundsubstrate 20 mit Bestandteilen und Gewebegeometrien entwickelt worden, die eine relativ hohe thermische Expansion in der in der Ebene liegenden Richtung zur Folge haben, um das Brennpunktspurmaterial, eine hohe thermische Leitfähigkeit durch die Dicke, um die Belastbarkeitserfordernisse der Brennpunktspur zu erfüllen, und hohe mechanische Festigkeit anzunehmen, um Drehbeanspruchungen auszuhalten.

Die durch die Dicke hindurch bestehende hohe Leitfähigkeit des Substrats gemäß der Erfindung wird durch einen hohen Faservolumenanteil von einer hohen Festigkeit und hohen Moduln aufweisenden Fasern erreicht. Geeignete Materialien enthalten beispielsweise Amaco P-120 oder K-1100 Produkte auf Pechbasis (pitch based Produkte). In Dampf gewachsene Kohlenstoff-Faser (VGCF von vapor grown carbon fiber) mit einer thermischen Leitfähigkeit von mehr als 1500 W/m K mit einer hohen Festigkeit und Steifigkeit ist ein alternatives Material für die Verstärkung in z-Richtung.

Um die Fehlanpassung des Expansionskoeffizienten zwischen Wolfram und Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien zu verringern, wurden Rayon-Vorläufermaterialien, wie beispielsweise kontinuierliche Fasern oder Gewebe, getestet bezüglich der in der Ebene liegenden Richtung. Eine Faser auf Rayon-Basis hat relativ kleine Festigkeit, elastische Moduln und thermische Eigenschaften. Dies sind üblicherweise Parameter, die ein Material mit hoher Expansion zur Folge haben. Ein Kohlenstoff-Gewebe, das aus einem Rayon-Vorläufergewebe hergestellt ist, bietet auch einen relativ hohen Ausdehnungskoeffizienten.

Gemäß der Erfindung wurden mehrere Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundsubstrate hergestellt und bewertet. Ein besseres Verständnis der Erfindung wird aus den folgenden Beschreibungen von zwei Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundbeispielen mit sehr verheißungsvollen thermischen und mechanischen Eigenschaften gewonnen. Das erste Substrat ist eine 4-D Gewebearchitektur mit einer hohen Leitfähigkeit aufweisenden P-120 Kohlenstoff-Faser in der z-Richtung und Polycarbon G-5 Faser in der x-y Richtung. Die zweite Gewebe Architektur weist eine hohe Ausdehnung aufweisende Amaco WCA Stoffschichten auf, die mit P-120 Fasern durchdrungen sind. Um eine hohe mechanische Integrität zu erhalten, waren die Gewebeschichten vor der Durchdringung in verschiedene Winkel gedreht, um eine 5-D Struktur zu bilden. Die Architekturen von beiden Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien weisen einen 60% Faservolumenanteil von P-120 Faser auf, um eine hohe thermische Leitfähigkeit in der z-Richtung zu erhalten. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wurden durch Tränkungs-, Carbonisierungs- und Graphitisierungsverfahren beide Faser-Vorformen verdichtet zu Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundformen mit einer Dichte von etwa 1,85.

Um sicherzustellen, daß die thermische Leistungsfähigkeit von diesen Verbundmaterialien geeignet ist, wurden thermische Leitfähigkeits- und CTE-Tests durchgeführt, und die Ergebnisse sind in den Fig. 2A und 2B dargestellt. Fig. 2A stellt die gemessenen CTE Daten für die in der Ebene liegende Richtung zusammen mit den Werten für ein typisches Kohlenstoff-Kohlenstoff-Material dar. Das 4-D Material ist durch die Linie 22 dargestellt, und das durchdrungene Gewebematerial ist durch die Linie 24 dargestellt. Es kann gesehen werden, daß die entwickelten Zusammensetzungen, insbesondere das aus WCA Gewebe gefertigte Material entlang der Linie 24, viel stärker expandieren als die typischen gewebten Kohlenstoff-Kohlenstoff-Materialien, die durch die Linie 26 dargestellt sind und die aus PAN oder Pechvorläufer-Kohlenstoff-Fasern hergestellt sind.

Die thermische Leitfähigkeit des 4-D Materials wurde nur bei Raumtemperatur und für die z-Richtung gemessen und war vergleichbar mit derjenigen von dem durchdrungenen Gewebe. Die thermische Leitfähigkeit des durchdrungenen Gewebes wurde für beide Richtungen in einem Temperaturbereich von 20°C bis 1500°C gemessen und ist in Fig. 2B dargestellt. Fig. 2B verdeutlicht, daß die durch die Dicke bestehende Leitfähigkeit entlang der Linie 28, des durchdrungenen Gewebes etwa drei mal größer ist als diejenige von Graphit entlang der Linie 30; und die in der Ebene erfolgende Leitfähigkeit entlang der Linie 32 ist vergleichbar mit Graphit entlang der Linie 30. Weiterhin ist die durch die Dicke bestehende Leitfähigkeit größer als diejenige von hochwarmfesten Legierungen, die in dem gegenwärtigen CT Target verwendet werden, wie es durch die Linien 34

und 36 angegeben ist.

Um die Fähigkeit der entwickelten Zusammensetzungen, Drehkräften zu widerstehen, zu ermitteln, wurden Drehtests bis zu 20.000 U/Min. mit Scheiben durchgeführt, die einen Durchmesser von 150 mm hatten. Beide Materialien durchliefen den Test erfolgreich. 5

Es sind jedoch noch weitere Ausführungsbeispiele für Kohlenstoff-Kohlenstoff-Zusammensetzungen für CT Targets möglich. Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundtargets, die gemäß der Erfindung gefertigt worden sind, haben eine vergleichbare oder bessere Leistungsfähigkeit und 50% Gewichtssenkung im Vergleich zu bestehenden CT Röhren-Targetprodukten. 10

Patentansprüche

15

1. Verfahren zum Herstellen von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien zur Verwendung bei der Fertigung von Röntgenröhrentargets, dadurch gekennzeichnet, daß physikalische Eigenschaften von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterialien maßgeschneidert werden, um eine sehr hohe thermische Leitfähigkeit durch die Scheibendicke des Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterials und einen hohen Ausdehnungskoeffizienten für eine in der Ebene liegende Richtung der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundscheibe zu erzielen. 20 25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundscheibe eine hohe mechanische Festigkeit aufweist. 30

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundscheibe Bestandteile und Gewebegeometrien aufweist, die eine relativ hohe thermische Ausdehnung in der in der Ebene liegenden Richtung zur Folge haben, um ein Brennpunktspurmaterial aufzunehmen. 35

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundscheibe Bestandteile und Gewebegeometrien aufweist, die eine relativ hohe thermische Leitfähigkeit durch die Scheibendicke zur Folge haben, um Brennpunktspur-Belastbarkeitserfordernisse zu erfüllen. 40 45

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

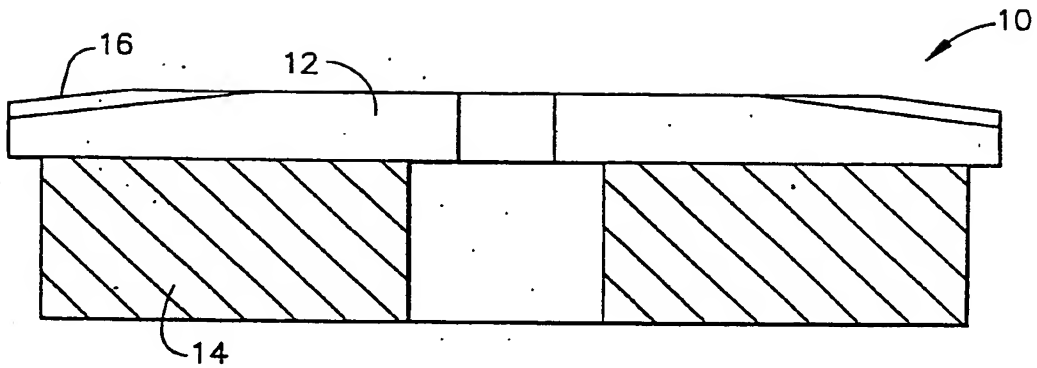


FIG. 1A
(PRIOR ART)

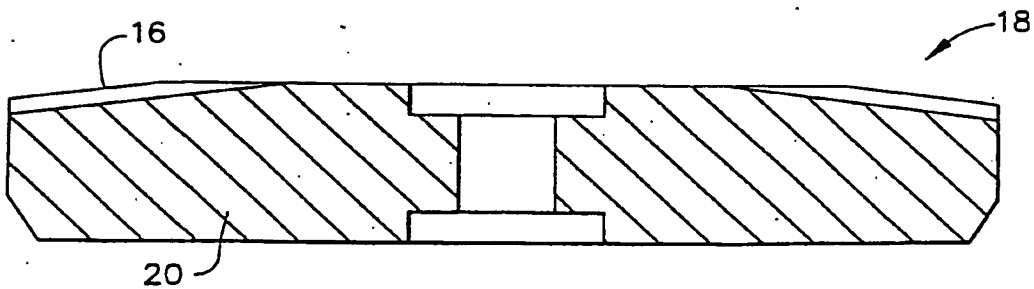


FIG. 1B

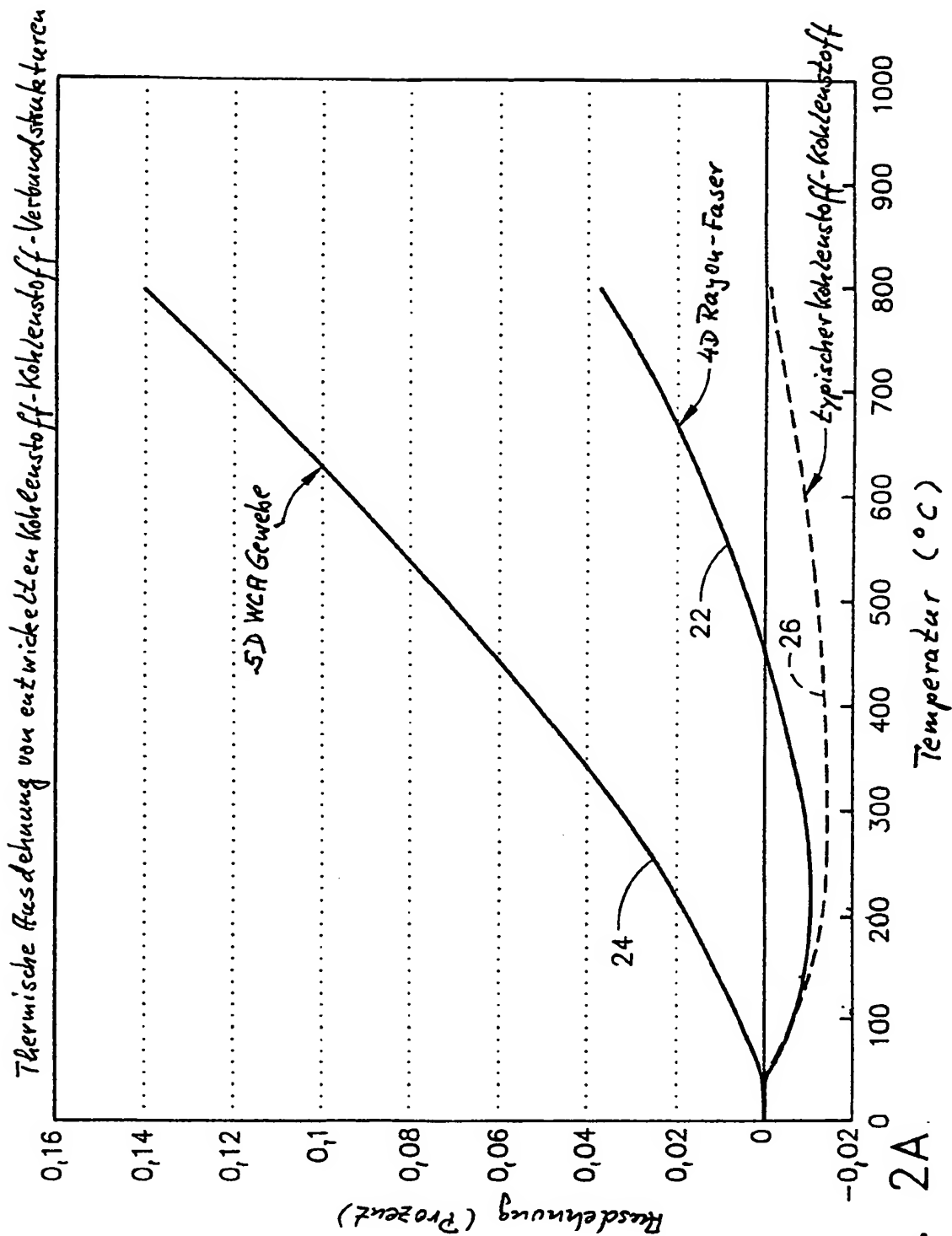


FIG. 2A.

702 024/608

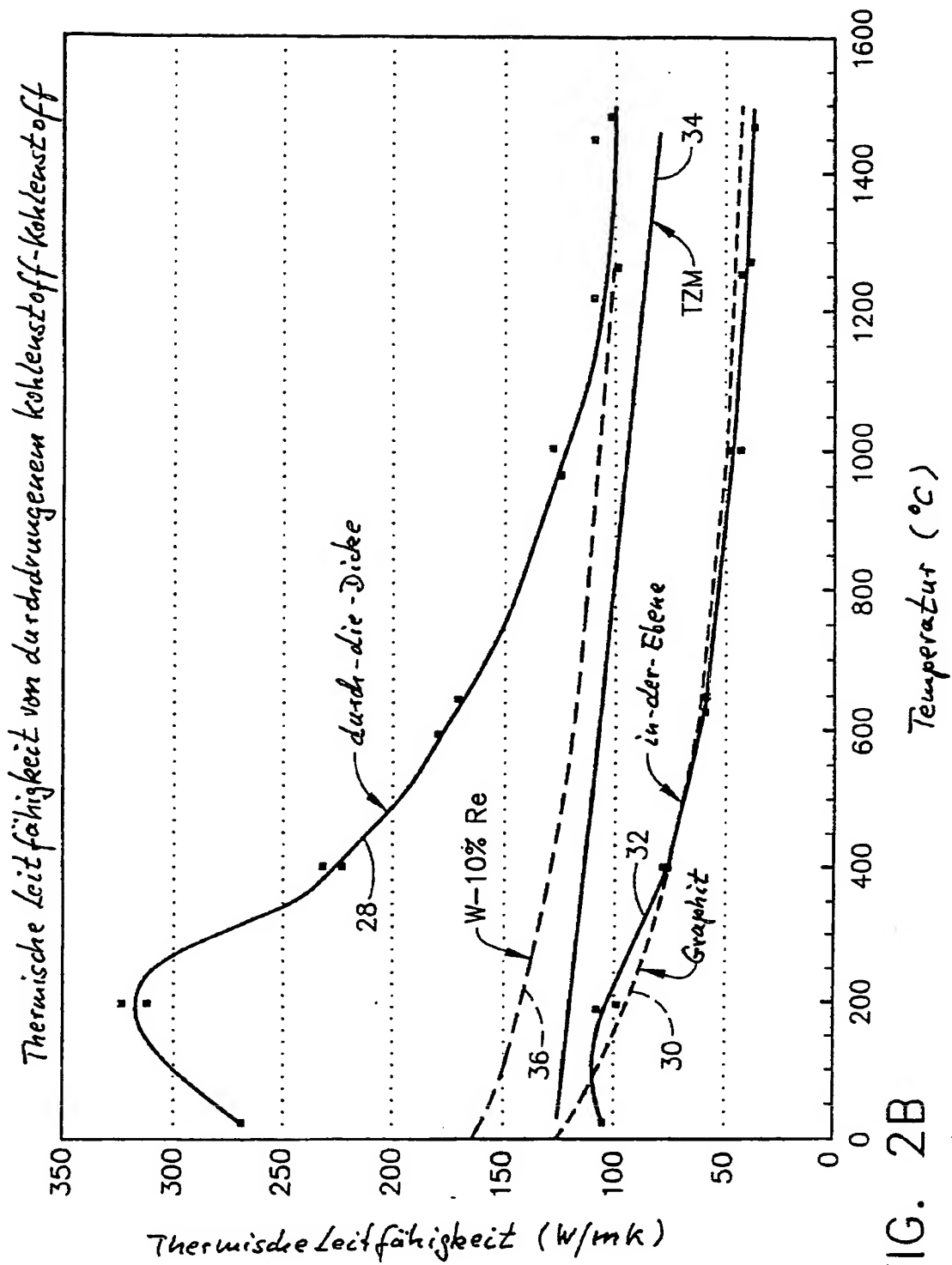


FIG. 2B

B 4

AN: PAT 1997-312089

TI: Use of carbon composite material for target in rotating anode of X-ray diagnostic system has form of high strength low mass disc, which has layer of tungsten material on surface

PN: DE19650061-A1

PD: 12.06.1997

AB: The anode target (10) is formed of a carbon composite material and is rotated at high speed. A thin layer of thermally resistant material is formed (16) on the focussing surface and is typically of tungsten or tungsten alloy. The carbon composite has a high strength and high thermal resistance while having a greatly reduced mass. Also the material has a high thermal expansion coefficient.; For computer tomography system. Gives high-speed anode.

PA: (GENE) GENERAL ELECTRIC CO;

IN: TRUSZKOWSKA K;

FA: DE19650061-A1 12.06.1997; JP09213248-A 15.08.1997;

CO: DE; JP;

IC: C04B-035/83; H01J-009/14; H01J-035/08;

MC: S03-E06B3; S03-E06H1; V05-E01A;

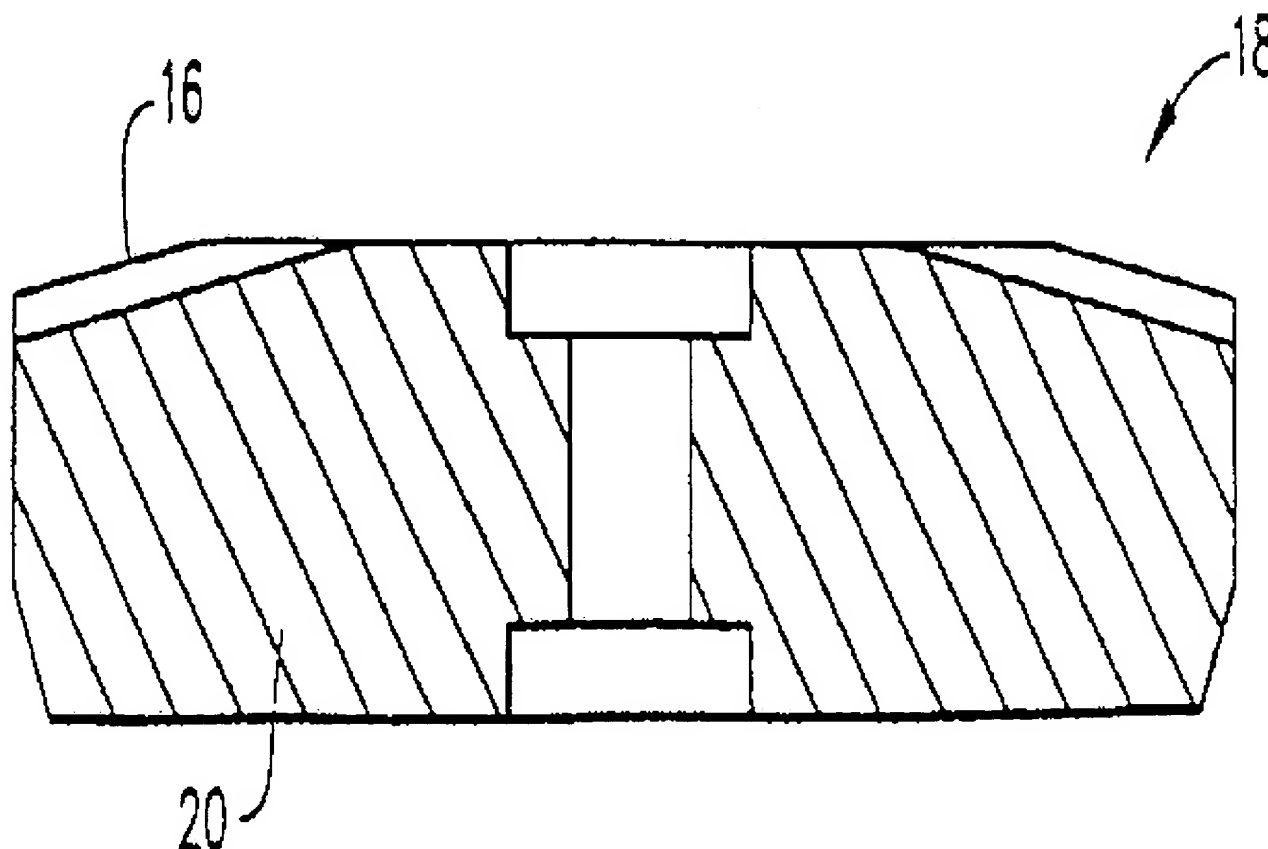
DC: S03; V05;

FN: 1997312089.gif

PR: US0567606 05.12.1995;

FP: 12.06.1997

UP: 15.08.1997



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)